

УДК 632: 595.7

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.12>

## КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ КОМПЛЕКСУ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ (SCARABAEIDAE, MELOLONTHINAE) ФІТОФАГІВ

**Коренчук Є.В.** – аспірант кафедри інтегрованого захисту та карантину рослин,  
Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Фокін А.В.** – д.с.-г.н., доцент кафедри інтегрованого захисту  
та карантину рослин,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Дрозда В.Ф.** – д.с.-г.н., професор кафедри інтегрованого захисту  
та карантину рослин,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

*Мета* – сконструювати модель системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, яка не буде порушувати стабільність екосистеми. *Методи*: конструювання моделі системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів проводилося на основі концепції процесів зворотного зв'язку. Позитивний, дестабілізуючий, зворотній зв'язок утворюється, коли похідний стимул викликає посилення початкового стимулу. Негативний, стабілізуючий виникає, коли похідний стимул, навпаки, викликає його послаблення. Проводили конструювання системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що включає та виключає хімічний метод за обов'язкового застосування елементів біологічного методу. У разі конструювання моделі системи захисту, у якій передбачено застосування хімічного методу, можливі два сценарії: стабілізуючий і дестабілізуючий. Застосування біометоду й активізація популяції природних регуляторів чисельності на рівні ефективності 70% дозволить вижити 30%-вій частці популяції фітофага, яка, забезпечить підвищення чисельності останньої. При застосуванні на цьому етапі хімічного інсектициду з ефективністю на рівні 90% спалах придушується, але за рахунок виживання 10%-вої частки популяції та утворення резистентності створюються передумови для більш масштабного спалаху. Якщо втрутитися у ситуацію шляхом застосування хімічного інсектициду, то спалах буде ліквідований, але система дестабілізується. У разі ж невтручання із запізненням реакції включаються природні регуляторні фактори та спалах чисельності фітофага затухне самостійно. За цього сценарію екосистема буде стабільною. Для уникнення дестабілізуючого ефекту у першому сценарії та зведення до мінімуму запізнення реакції природних регуляторів чисельності у другому необхідне застосування біологічного методу, дія якого й ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі. Тобто хімічний метод вирішує поточну проблему, а насичення системи біоагентами вирішує проблему стабільності та саморегуляції екосистеми загалом. Це можливо здійснити, застосовуючи біоагент відразу після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3–4-х років, досягнувши порогу зникнення для комплексу хрущів. Незначні значення порогів шкідливості для хрущів і низький рівень порогу зникнення дозволяє прогнозувати доцільність захисних заходів на всіх етапах лісовідновлення, як у розріджених, минулих років, так і у цойно закладених насадженнях.

**Ключові слова:** лісові екосистеми, моделювання, популяційна динаміка, хрущі, стабільність, оптимізація, біометод, хімічний метод.

**Korenchuk Ye.V., Fokin A.V., Drozda V.F. Constructing of control systems to the plate larvae complex (scarabaeidae, melolonthinae) phytophagous**

*Research aim:* to construct a model system for regulating the number of leaf-horned phytophagous complexes that will not disturb the stability of the ecosystem. *Methods.* The design of the model system for regulating the number of leaf-horned phytophagous complexes was based on the concept of feedback processes. Positive, destabilizing, feedback is generated when a derivative stimulus causes an increase in the initial stimulus. Negative, stabilizing, occurs when a derivative stimulus, on the contrary, causes its weakening. We carried out the design

of a system of regulation of the number of insect-phytophages, which includes and excludes the chemical method with the obligatory use of elements of the biological method. Research results. In the case of designing a model of protection system in which the chemical method is applied, two scenarios are possible: stabilizing and destabilizing. The use of biomethods and the activation of populations of natural regulators of the population at the level of efficiency of 70% will allow to survive the 30% share of the population of the phytophagy, which will provide an increase in the number of the latter. When applied at this stage, a chemical insecticide with an efficiency of 90%, the outbreak is suppressed, but the survival of the 10% population and the formation of resistance creates the preconditions for a larger outbreak. If you interfere with a chemical insecticide, the outbreak will be eliminated, but the system will be destabilized. In the case of non-interference, natural regulatory factors are involved with delayed reaction and the phytophagy population outbreak will fade on its own. In this scenario, the ecosystem will be stable. Conclusions. In order to avoid the destabilizing effect in the first scenario and to minimize the delay in the response of the natural number regulators in the second, the biological method, whose effect and efficiency will be a consequence of saturation of the ecosystem by the bioagents in the previous stage, is necessary. That is, the chemical method solves the current problem, and the saturation of the system with bioagents solves the problem of stability and self-regulation of the ecosystem as a whole. This can be done by applying the bioagent immediately after or in parallel with the chemical treatment for 3-4 years, reaching the extinction threshold for the tree beetle complex. The insignificant values of tree beetle damage thresholds and the low extinction threshold make it possible to predict the feasibility of protective measures at all stages of reforestation, both in sparse, past years and in newly planted plantations.

**Key words:** forest ecosystems, modeling, population dynamics, scarabaeidae, melolonthinae, stability, optimization, biomethod, chemical method.

**Постановка проблеми.** Використання систем регулювання чисельності комах в екосистемах не викликає дестабілізації останніх за умови дотримання таких принципів: співвідношення у стабільній екосистемі матриксу (непридатні місцевіснування) та придатних місцевіснувань (коефіцієнт Шредера) 40 : 60 [1, с. 53]; оптимальне співвідношення хімічної та біологічної складових частин системи регулювання чисельності комах 40 : 60 [2, с. 78].

Основна ідея полягає у тому, що динаміка фітофагів у стабільній екосистемі балансує на межі між придатними місцевіснуваннями для природних регуляторів і матриксом. Тиск системи захисту на популяцію цільового об'єкта може змінити баланс в екосистемі, а в який бік – це залежить від обраної стратегії, найбільш оптимальна з них передбачає співвідношення біометоду та хіметоду 40 : 60. Саме за такого підходу можлива активізація природних регуляторів чисельності – для комах ентомофагів 30%, для хребетних хижаків – 50% на фоні прийнятного коефіцієнта Шредера. Необгрунтоване використання хімічних препаратів попри їх тимчасовий ефект повністю нівелює регуляторні можливості комплексу хижаків і паразитів у перспективі, збільшуючи частку матриксу. Стан екосистеми після втручання може вимагати додаткових реабілітаційних управлінських дій, у т. ч. застосування заходів із біологічної регуляції шкідливих видів для виведення екосистеми на стабільний рівень [3, с. 25; 4, с. 173]. Останнє можливе лише за умови біоценотичного підходу (колонізація ентомофагів, використання біопрепаратів, підтримка процесів природної саморегуляції) [5, с. 3; 6, с. 4].

Таким чином, актуальність питання полягає у конструюванні систем захисту саме на біоценотичних засадах.

**Постановка завдання.** Конструювання системи захисту лісової екосистеми, що ґрунтується на збереженні, привабленні та розселенні популяцій ентомофагів, ентомопатогенів, активізації їх регуляторного впливу та мінімалізації застосування хімічного методу регулювання чисельності комах-фітофагів.

**Мета і завдання досліджень.** Мета дослідження – визначити основні елементи біології та екології пластинчастовусих фітофагів (західний *Melolontha melolontha* L.

і східний *Melolontha hippocastani* F. травневі хрущі, мармуровий *Polyphylla fullo* L., сірий волохатий *Anoxia pilosa* F. і звичайний червневий *Amphimallon volgensis* Fisch. хрущі), важливі для оптимізації екологічно безпечних методів контролю їх чисельності у розсадниках сосни звичайної, та сконструювати модель системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів для лісових екосистем центрального Лісостепу України, яка не буде порушувати стабільність екосистеми.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- встановити ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*) щодо личинок пластинчастовусих;
- дослідити біоекологічні особливості різних стадій хрущів, які дозволяють оптимізувати технологію захисту від них насаджень сосни звичайної;
- випробувати оригінальну композицію на основі ентомопатогенної нематої *Steinernema feltiae* та гриба *Metarrhizium anisopliae*;
- визначити ефективність хімічного інсектициду Антихрущ Люкс к.с. відносно личинок хрущів;
- розробити елементи технології застосування біологічних і хімічних препаратів щодо личинок пластинчастовусих: спосіб застосування, глибина внесення;
- сконструювати систему регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, побудовану на принципах зворотного зв'язку.

**Методи досліджень.** Конструювання моделі системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів проводилося на основі концепції процесів зворотного зв'язку, яка є частиною загальної теорії систем і полягає в тому, що похідний стимул повертається у зворотному напрямку – до джерела й утворює петлю зворотного зв'язку. Позитивний, дестабілізуючий, зворотній зв'язок утворюється, коли похідний стимул, проходячи по петлі зворотного зв'язку, викликає посилення (+) початкового стимулу. Негативний, стабілізуючий виникає, коли похідний стимул, проходячи по петлі, навпаки, викликає послаблення цього стимулу (-) [7, с. 55; 8, с. 17]. Проводили конструювання (у вигляді моделі) системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що включає та виключає хімічний метод за обов'язкового застосування елементів біологічного методу.

Оцінку ефективності біологічних препаратів Боверину та Метаризину порівняно до хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму (Актара 25 в.г.) проводили у польових умовах шляхом обробки поверхні ґрунту у 2017 р.

Порівняльна оцінка біологічних препаратів Боверин і Метаризин при внесенні у ґрунт у 5% концентрації проводилася у 2016–2017 рр. за такими показниками: кількість уражених личинок на 10 рослин особ. / 100 м<sup>2</sup>; ступінь пошкодження коренів, %; кількість рослин, що загинули, та збережених, екз. /100 м<sup>2</sup>; приріст пагонів за вегетацію, см; ефективність, %. Обліки проводилися через 15, 25 і 50 діб.

У 2016–2018 рр. оцінювали ефективність композиції на основі ентомопатогенної нематої *Steinernema feltiae* та Метаризину У весняно-літній період, на початку масової яйцекладки хрущів проводили одноразове внесення на поверхню ґрунту композиції у складі водної суспензії ентомопатогенної нематої виду *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн та 5,0%-ного водного розчину препарату Метаризин с.п. (титр спор *Metarrhizium anisopliae* становить не менше 8 млрд у 1 г препарату).

Випробовування хімічних препаратів проводили за стандартними методиками відповідно до офіційного видання «Методики випробовування і застосування пестицидів» (2001) [9].

З метою визначення глибини залягання яєць, личинок і лялечок різного віку пластинчастовусих фітофагів, визначеної оптимальної глибини внесення препаратів

у 2016–2018 рр. проводили ґрунтові розкопки. Обстеження ґрунтової ентомофауни здійснювали за класичними методами шляхом накладання на площу розсадника сітки та на визначених ділянках у шаховому порядку проводили розкопки. Площа облікових ділянок 0,25 м<sup>2</sup>. Глибина облікових ям 60–150 см. Кількість точок обліку 50. Розкопки проводили пошарово: 0–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–75, 76–90, 91, 91–130, 131–150 см. [10, с. 22, 47].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо принципову модель конструкції системи захисту у лісовій екосистемі, у якій застосовуються тільки біологічні препарати й ентомофаги (рис. 1). Застосування чи активізація природних популяцій біоагентів – ентомофагів та ентомопатогенів (E) дозволяє зменшити (–) популяцію фітофага в середньому на 70%. 30%-ва частка (частка популяції фітофага, що вижила після застосування біологічного методу) нарощуючи поступово чисельність (+), створює трофічну базу для існування природних регуляторів чисельності – досягаючи у точці X стабільного стану. Така конструкція є екологічно стабільною. У разі конструювання системи захисту, у якій передбачено застосування хімічного методу (рис. 2), можливі два сценарії: стабілізуючий і дестабілізуючий.

Застосування біологічних засобів захисту й активізація популяцій природних регуляторів чисельності (E) на рівні ефективності 70% (–) дозволить вижити 30%-вій частці популяції фітофага, яка, у свою чергу, забезпечить підвищення чисельності останньої (C) (+). При застосуванні на цьому етапі хімічного інсектициду (I<sub>1</sub>) з ефективністю на рівні 90% (+), спалах придушується, але за рахунок виживання 10%-вої частки популяції та утворення резистентності створюються передумови для більш масштабного спалаху (B) (+). Далі від конструювання моделі системи захисту залежатиме підсумковий баланс. Якщо втрутитися у ситуацію шляхом застосування хімічного інсектициду (I<sub>2</sub>) (+), то спалах, звичайно, буде ліквідований, але загальний баланс буде позитивним (+): I<sub>1</sub> (+) → B (+) → I<sub>2</sub> (+) = (+), тобто система буде нестабільною. Безперервне функціонування позитивного зворотного зв'язку у перспективі призведе до руйнації екосистеми та зникнення всіх її елементів: насаджень сосни, комплексу хрущів та ентомофагів.

У разі ж невторчання у процес включаються природні регуляторні фактори, але із запізненням реакції

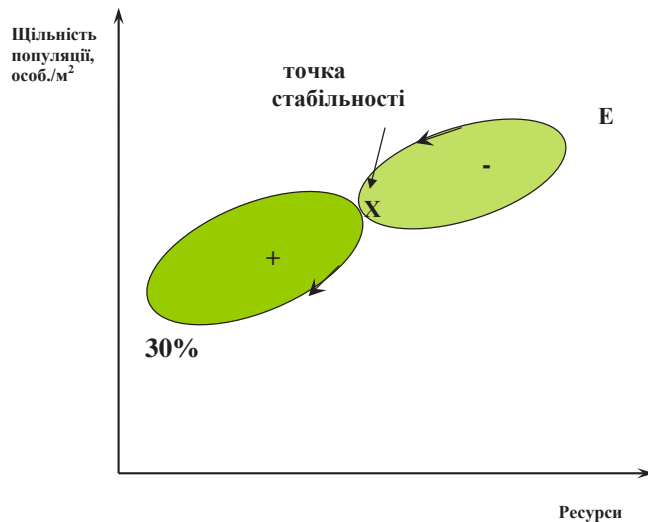


Рис. 1. Конструювання моделі системи регулювання чисельності комах-фітофагів, що виключає хімічний метод: E – застосування біологічних засобів захисту й активізація популяцій природних регуляторів чисельності; X – точка стабільного стану; -/+ – негативний / позитивний зворотній зв'язок; 30% – частка популяції фітофага, що вижила після застосування біологічного методу

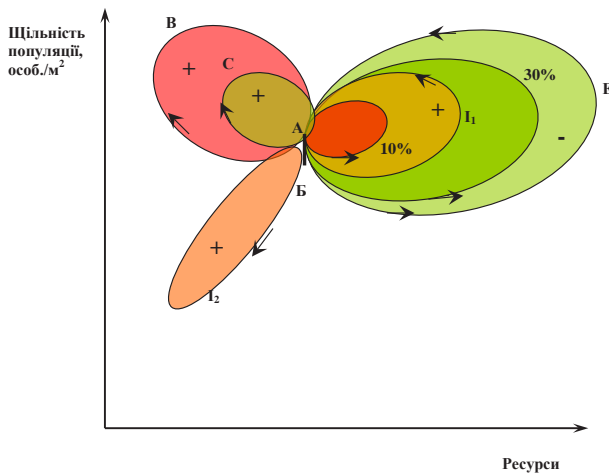


Рис. 2. Конструювання моделі системи регулювання чисельності комах-фітофагів, що включає хімічний метод:

$C$  – зростання чисельності популяції фітофага;  
 $I_1$  – застосування етапі хімічного інсектициду з ефективністю 90%; 10% – частка популяції фітофага, що вижила після застосування хімічного інсектициду;  
 $V$  – спалах чисельності фітофага;  $I_2$  – повторне застосування хімічного методу;  $AB$  – запізнення реакції природних регуляторних факторів

( $AB$ ). Спалах чисельності фітофага затухне самостійно завдяки включенню регуляторних механізмів – тоді петля ( $I_2$ ) замінюється на ( $E$ ). За цього сценарію баланс буде негативним ( $-$ ):  $I_1 (+) \rightarrow V (+) \rightarrow E (-) = (-)$ , екосистема буде стабільною.

Для того, щоб уникнути дестабілізуючого ефекту петлі ( $I_2$ ) у першому сценарії та звести до мінімуму запізнення реакції ( $AB$ ) природних регуляторів чисельності у другому, необхідне застосування біологічного методу, дія якого й ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі.

Тобто повертаємося до

відомої теорії сумісного застосування хімічного і біологічного методів, але у більш широкій інтерпретації: хімічний метод вирішує поточну проблему, а насичення системи біоагентами вирішує проблему стабільності та саморегуляції екосистеми загалом. Це можливо, з урахуванням пролонгованої дії препаратів, здійснити шляхом застосування біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою впродовж 3–4 років, досягнувши порогу зникнення для комплексу хрущів (рис. 3).

Поріг зникнення для комах полягає у співвідношенні чисельності личинок фітофагів і щільності рослин сосни звичайної, за якого припиняються випадки рослин, і зазвичай він доволі низький, а для комплексу хрущів взагалі прагне до нуля. Незначні значення порогів шкідливості хрущів і низький рівень порогу зникнення хрущів дозволяють прогнозувати доцільність захисних заходів на всіх етапах лісовідновлення як у розріджених деревостанах (внаслідок знищення насаджень хрущами), вразливих щодо заселення хрущами, останні віддають перевагу добре освітленим, прогрітим, часто задернілим ділянкам переважно з ґрунтами легкого гранулометричного складу, так і у шойно закладених насадженнях. Для розробки оптимальної програми регулювання чисельності комплексу хрущів оцінювали вплив біопрепаратів (обробка поверхні ґрунту) на самиць західного травневого хруща під час яйцекладки в кінці травня – на початку червня. Потрібно відзначити, що початкова ефективність Боверину та Метаризину (25.05) була на рівні 90%: Боверин – 92 і Метаризин – 95%, що дещо поступається Актарі – 97%, але протягом наступного місяця (останній облік 09.07), за загальної тенденції зниження, залишкова ефективність Боверину (32%) та Метаризину (45%) істотно переважає ефективність хімічного інсектициду (12%).

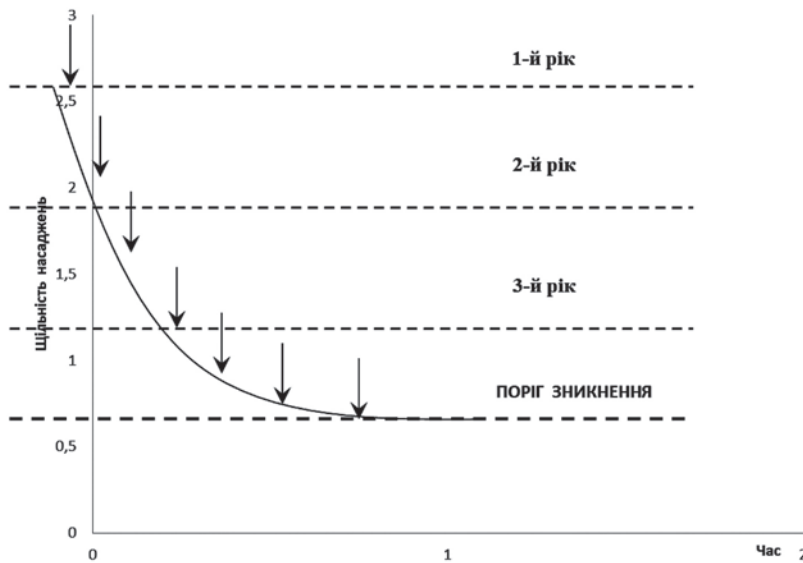


Рис. 3. Застосування захисних заходів (показано стрілками) у розсаднику сосни звичайної для досягнення порогу зникнення популяції хрущів у період розвитку личинок

Показова тенденція зменшення ефективності Метаризину і Боверину: протягом перших 30 діб ефективність Метаризину зменшується більш стрімко, а потім стабілізується, і зменшення відбувається повільніше, у Боверина, навпаки, на першому етапі ефективність зменшується повільніше, а наприкінці – різко зменшується. Їх ефективність збігається на різних рівнях приблизно на 7 (90%) та 37 (50%) добу після початку дослідів. За іншого способу застосування – внесення у ґрунт, порівняльні дослідження Боверину та Метаризину проводилися у польових умовах протягом 2016–2017 рр. За результатами спостерігалася така тенденція: за кількістю уражених личинок Метаризин переважав Боверин на 15 та 25 добу після обробки, Боверин же був ефективніший на 50 добу. У 2016–2018 рр. проводили дослідження із порівняння елементів технології захисту розсадників сосни звичайної – відомих: застосування глутамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином; застосування хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму й оригінальної композиції: *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн + 5,0% *Metarrhizium anisopliae* від комплексу хрущів. Підсумкова ефективність оригінального способу становила 84,3%, проти 69,8% із застосуванням глутамінової кислоти та лізину. Встановлено, що використання препарату Антихрущ Люкс, к.с., у складі якого три діючі речовини, за усіма тестовими показниками забезпечує ефективний захист сосни у критичний період їх розвитку. Показано, що уже на 15-й день після поливу ґрунту робочим розчином препарату загинуло 70,3% личинок хрущів. Аналогічні показники внаслідок використання препаратів Актара, в.г. та Фастак, к.е. була 63,2% і 57,4% відповідно. Показники господарської ефективності свідчать, що підсумкова ефективність використання препарату Антихрущ Люкс, к.с. становила 91,3%, практично на рівні використання Актари, в.г. – 91,8%, та зі значним перевищенням ефективності використання препарату Фастак, к.е. – 74,2%.

Досліджувалися також біоекологічні характеристики різних стадій хрущів, що мають значення для оптимізації системи захисту.

Експериментально виділено такі періоди яйцекладки: початок, триває 5–7 днів, самиці у цей період відкладають від 17,8 до 29,4% яєць із усього запасу,

їх життєздатність незначна і понад 45% їх гине; фізіологічно повноцінні яйця відкладаються в період масової яйцекладки, яка триває 12–14 днів; третій період триває 4–7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Отже, найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, які відродилися з яєць, відкладених у період масової яйцекладки. Таким чином, наведені матеріали є основою для часової локалізації застосування різних методів, що призводять до загибелі яєць.

Розподіл личинок у ґрунті показує, що у травні (у квітні личинки знаходяться глибоко – 90% на глибині 50–75 см) найбільш технологічною для внесення біопрепаратів є глибина 10–30 см – у цьому шарі концентрується до 75% личинок; у червні – липні глибину можна зменшити до 20 см – майже 100%-во фітофаги знаходяться у поверхневих горизонтах; на початку серпня, за посушливої погоди, личинки мігрують у більш вологі шари ґрунту, тому вносити препарати доцільно дещо глибше на 20–40 см – їх концентрація тут становить до 88%, але наприкінці серпня та протягом всього вересня личинки за достатньої вологості ґрунту знову тримаються у поверхневих шарах до 30 см – 60–88% від загальної кількості, наприкінці вересня й у жовтні-листопаді основна кількість личинок – до 85%, зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно не виправдане.

Встановлено просторову структуру концентрації лялечок хруща у шарах ґрунту. Нерівномірність їх розподілу має закономірності екологічного та фізіологічного характеру. Із всього загалу на глибині до 7 см концентрувалося тільки 11,8% лялечок. Рівень їх загибелі на період весняної реактивації становив 65,2%. Причиною загибелі були хижакі 42,1%, переважно туруни й ентомопатогени 16,7% – мускардині гриби, поміж яких домінував гриб білої мускардини – 79,7 (ураження зеленою та рожевою мускардиною – 13,8% та 6,5% відповідно). Синоптичні аномалії у цьому прошарку ґрунту стали причиною смертності 6,4% лялечок. Частка життєздатних популяцій становила лише 34,8%. У наступних прошарках 8–15, 16–24 і 25–35 см концентрувалися 80,6% лялечок. Рівень їх загибелі 14,3–15,4%, у т. ч. від хижаків 2,1–6,7%. Синоптичні аномалії стали причиною загибелі 0,8–2,8% лялечок. Життєздатна частка популяції 84,6–85,7%, яка і є реальною загрозою насадженням.

Таким чином, оптимальна програма регулювання чисельності комплексу хрущів у розсадниках сосни звичайної передбачає у травні 1-го року щодо: яєць та імаго, в період масового льоту та яйцекладки хрущів застосовувати Актару, 25 WG, в.г., шляхом обробки поверхні ґрунту, личинок 1–3-го віків – Антихрущ Люкс к.с., 1 л/га на 350 л води, шляхом одноразового кореневого поливу рослин. У цей же період вносяться у ґрунт на глибину 10–30 см Боверин, 5% титр 900 млн/мл або Метаризин, 5% с.п. титр 900 млн/мл. У червні-вересні здійснюють насичення екосистеми ентомопатогенами, вносячи у ґрунт через кожні 50 діб композицію Метаризин, 5% с.п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. Впродовж періоду змінюється глибина внесення: у червні-липні – 20 см, серпні – 20–40, кінець серпня-вересень – 30 см. У травні 2-го року регуляцію чисельності хрущів здійснюють щодо: яєць шляхом обробки поверхні ґрунту Боверином, 5% титр 900 млн/мл; личинок 1–3-го віків – внесенням у ґрунт на глибину 10–30 см суміші Метаризину, 5% с.п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. Насичення екосистеми ентомопатогенами впродовж червня-вересня здійснюється аналогічно схемі 1-го року. Впродовж 3-го року регуляція чисельності ґрунтових фітофагів навесні і насичення екосистеми біоагентами проводиться за схемою 2-го року, з тією різницею, що наприкінці серпня – початку вересня, за досягнення популяцією шкідників порогоу зникнення (чисельність, за якої випаді рослин не спостерігаються), біологічні препарати не вносять.

Необхідно зазначити, що погоджуючись загалом із відомим співвідношенням хімічного і біологічного методів в системах захисту (60 : 40) [2, с. 78], оскільки воно було встановлено для агроценозів, із урахуванням не тільки екологічної компоненти, але і прийнятного рівня урожайності, вважаємо за доцільне для лісових екосистем збільшення біологічної частки до рівня 60–80%.

**Висновки і пропозиції.** Для уникнення дестабілізуючого ефекту повторного застосування хімічного інсектициду і зведення до мінімуму запізнення реакції природних регуляторів чисельності у конструкцію системи захисту необхідно вводити біологічні елементи, дія яких і ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі: хімічний метод вирішує поточну проблему, а біоагенти забезпечують стабільність і саморегуляцію екосистеми загалом. Це вирішується шляхом застосування біоагентів відразу після або одночасно із хімічною обробкою впродовж 3–4 років, досягаючи для популяції фітофагів порогу зникнення; незначні значення порогів шкідливості для хрущів і низький рівень порогу зникнення дозволяє прогнозувати доцільність захисних заходів на всіх етапах лісовідновлення, як у розріджених минулих років, так і у щойно закладених насадженнях. З метою регулювання чисельності пластинчастовусих фітофагів доцільно застосовувати навесні 1-го року, в період весняної реактивації личинок препарат на основі композиції імідаклоприд, 100 г/л, біфентрин, 100 г/л, ацетоміпрід 30 г/л (Антихрущ Люкс к.с.) у нормі 1 л/га, 350 л/га робочого розчину, шляхом одноразового прикореневого поливу, а у період льоту та масової яйцекладки обробку поверхні ґрунту препаратами на основі тіаметоксаму (Актара, 25 WG, г.п.), замінюючи на 2–3-му році хімічний інсектицид на біопрепарат (Боверин, 5% титр 900 млн/мл), а щодо личинок вносити у ґрунт Боверин, 5% титр 900 млн/мл або Метаризин, 5% с.п. титр 900 млн/мл, на глибину 10–30 см, у червні-липні, серпні, наприкінці серпня – у вересні застосовувати композицію Метаризин, 5% с.п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн, вносячи її у ґрунт на глибину 20 см (кожні 50 діб), 20–40 і 30 см відповідно.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Хански И. Ускользающий мир: экологические последствия утраты местообитаний. Москва : КМК, 2015. 340 с.
2. Фокін А.В. Оптимізація структури захисту рослин від шкідників. Київ : Колоб'іг, 2011. 144 с.
3. Джорданенго Ф. Насекомые – вредители картофеля. Мировые перспективы биологии и управления. Москва : КМК, 2018. 605 с.
4. Gilioli G. Baumgartner J., Vacante V. Biological control as an ecosystem management to for enhancing environmental sustainability. *Redia*. 2003. 86. P. 173–185.
5. Коваленков В.Г. Антропогенные факторы и фитосанитарная дестабилизация. *Защита и карантин растений*. 2015. № 9. С. 3–8.
6. Наро-Масієль С., Стерлінг Е. Дж., Рао М. Природоохоронні території та збереження біорізноманіття: планування та проектування. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : Статус Профі, 2015. 24 с.
7. Берриман А. Защита леса от насекомых-вредителей. Москва : Агропромиздат, 1990. 288 с.
8. Кеннеди К. Экологическая паразитология. Москва : Мир, 1978. 232 с.
9. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Івашенко О.О. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ : Світ, 2001. 448 с.
10. Иванов С.П., Белановский И.Д., Ефименко М.С., Житкевич Е.Н., Приходкина Т.Д., Сирогин Н.Ф., Савченко Е.Н. Руководство к обследованию вредной энтомофауны почвы. Киев – Полтава : Держ. вид-во колгоспної і радгоспної літератури УРСР, 1937. 302 с.